



UNIVERSITÀ degli STUDI di PISA

---

FACOLTÀ di INGEGNERIA

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria dei Veicoli Terrestri

*Tesi di Laurea*

***Studio aerodinamico con metodologia  
C.F.D. di un veicolo Formula SAE***

*Relatori:*

***Prof. Ing. Giovanni Lombardi***

***Prof. Ing. Guido Buresti***

***Dott. Ing. Marco Maganzi***

*Candidati:*

***Lorenzo Maoggi***

***Antonio Spagnolo***

Anno Accademico 2008-2009

# Indice

<u>Capitolo 1 – Introduzione</u> .....	1
<u>1.1 Obiettivi della tesi</u> .....	1
<u>1.2 Formula S.A.E.</u> .....	2
<u>1.2.1 Regolamento parte aerodinamica</u> .....	7
<u>Capitolo 2 – Fondamenti di fluidodinamica computazionale (C.F.D.)</u> .....	9
<u>2.1 Introduzione alla C.F.D.</u> .....	9
<u>2.2 Equazioni della fluidodinamica</u> .....	11
<u>2.2.1 Equazione di conservazione della massa</u> .....	12
<u>2.2.2 Equazione di conservazione della quantità di moto</u> .....	12
<u>2.2.3 Equazione di conservazione dell'energia</u> .....	13
<u>2.3 La turbolenza</u> .....	15
<u>2.3.1 Equazioni della fluidodinamica per moti turbolenti</u> .....	16
<u>2.3.2 Modelli di turbolenza</u> .....	18
<u>2.4 Risoluzione delle equazioni con il metodo dei “Volumi finiti”</u> .....	21
<u>Capitolo 3 – Preprocessing e generazione della mesh</u> .....	24
<u>3.1 Geometria della vettura</u> .....	24
<u>3.1.1 Modelli di vettura</u> .....	26
<u>3.2 Dominio di calcolo</u> .....	27
<u>3.2.1 Geometria del dominio di calcolo</u> .....	27
<u>3.2.2 Suddivisione elementi vettura</u> .....	29
<u>3.2.3 Le Regions</u> .....	32
<u>3.2.4 Il modello fisico</u> .....	34
<u>3.2.5 Condizioni al contorno</u> .....	38
<u>3.3 Mesh di superficie</u> .....	43
<u>3.3.1 Miglioramento della mesh finale</u> .....	46

<u>3.4 Mesh di volume</u> .....	47
<u>Capitolo 4 – Analisi dei risultati</u> .....	51
<u>4.1 Definizione dei coefficienti</u> .....	51
<u>4.2 Analisi di convergenza</u> .....	55
<u>4.3 Analisi di sensibilità dei risultati del modello di vettura con il fondo piatto</u> <u>semplice</u> .....	57
<u>4.3.1 Vettura senza box</u> .....	62
<u>4.3.2 Vettura con box</u> .....	67
<u>4.3.3 Vettura con box e primo raffinamento della griglia</u> .....	71
<u>4.3.4 Vettura con box e secondo raffinamento della griglia</u> .....	75
<u>4.4 Analisi dei risultati del modello di vettura con il fondo piatto</u> <u>con i profili estrattori</u> .....	81
<u>4.5 Confronto</u> dei risultati tra il modello di vettura con il fondo piatto semplice e il <u>modello con i profili estrattori</u> .....	85
<u>Capitolo 5 – Conclusioni e sviluppi futuri</u> .....	91